

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06165298 A**

(43) Date of publication of application: **10.06.94**

(51) Int. Cl.

H04S 1/00
G10K 15/00
H04S 5/02

(21) Application number: **04313475**

(22) Date of filing: **24.11.92**

(71) Applicant: **NISSAN MOTOR CO LTD**

(72) Inventor: **HAYAKAWA YOSHIKAZU**
HIRANO IZUHO
HAMABE TSUTOMU
NANBU KIYOSHI

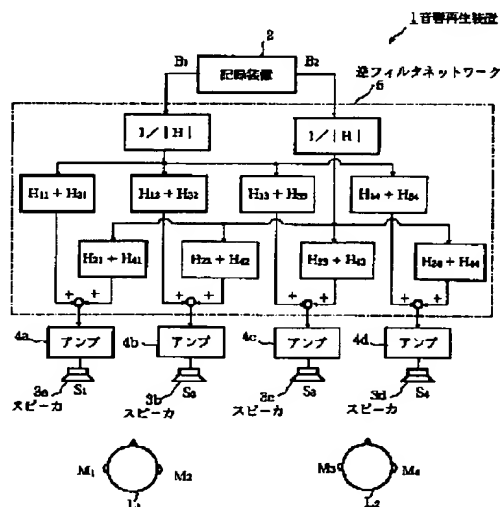
(54) **ACOUSTIC REPRODUCTION DEVICE**

(57) Abstract:

PURPOSE: To allow each of plural listeners to enjoys a music or the like with a same spread as if they were in an original sound field such as a concert hall in a reproduction sound field and to evaluate real noise.

CONSTITUTION: A reverse filter network 5 is interposed between a recorder 2 recording acoustic information by the binaural recording system and amplifiers 4a-4d of speakers 3a-3d sounding, sound plural listeners being passengers L_1 , L_2 . Then the reverse filter network 5 is built up to erase crosstalk between the speakers 3a-3d and the passengers L_1 , L_2 based on the acoustic transfer characteristic between the plural speakers 3a-3d and both ears of the passengers L_1 , L_2 .

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



Best Available Copy

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-165298

(43)公開日 平成6年(1994)6月10日

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 S 1/00

K 8421-5H

G 1 0 K 15/00

H 0 4 S 5/02

8421-5H

9381-5H

G 1 0 K 15/ 00

M

審査請求 未請求 請求項の数3(全 33 頁)

(21)出願番号

特願平4-313475

(22)出願日

平成4年(1992)11月24日

(71)出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72)発明者 早川 良和

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72)発明者 平野 出穂

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72)発明者 浜辺 勉

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(74)代理人 弁理士 森 哲也 (外2名)

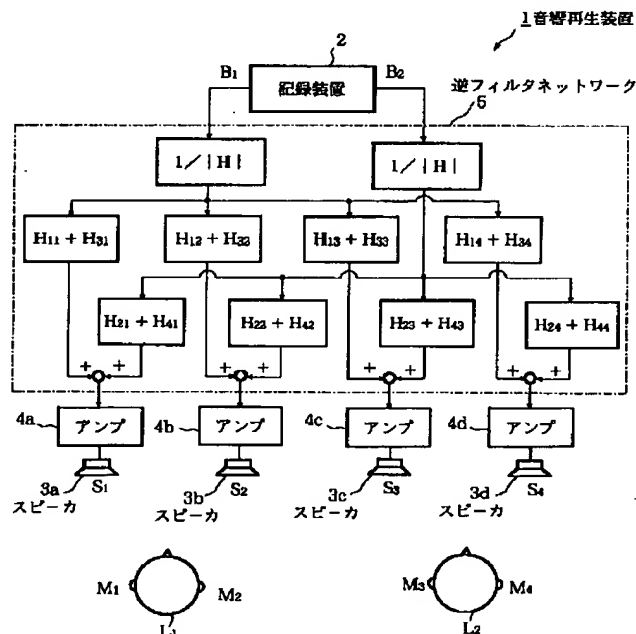
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 音響再生装置

(57)【要約】

【目的】複数の聴き手のそれぞれが、再生音場においてあたかもコンサートホール等の原音場にいるのと同じような広がりをもった音楽等を楽しんだり、リアルな騒音の評価を行うことができるようにする。

【構成】バイノーラル収録方式により音響情報を記録した記録装置2と、複数の聴き手としての乗員 L_1 、 L_2 に対して音を発することができるスピーカ3a～3dのアンプ4a～4dとの間に、逆フィルタネットワーク5を介在させる。そして、かかる逆フィルタネットワーク5は、複数のスピーカ3a～3dと各乗員 L_1 、 L_2 の両耳との間の音響伝達特性に基づき、それらスピーカ3a～3dと乗員 L_1 、 L_2 との間のクロストークを消去可能に構築する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 バイノーラル収録方式により音響情報を記録した音響情報記録手段と、N個（ $N \geq 2$ ）の音響発生手段と、前記音響情報記録手段と前記N個の音響発生手段との間に介在し、n人（ $n \geq 2$ ）の聴き手の両耳と前記N個の音響発生手段との間の $n \times 2 \times N$ 個の音響伝達特性に基づいてそれら音響発生手段と聴き手との間のクロストークを消去可能に構築された逆フィルタネットワークと、を備えたことを特徴とする音響再生装置。

【請求項2】 バイノーラル収録方式により音響情報を記録した音響情報記録手段と、N個（ $N \geq 3$ ）の音響発生手段と、前記音響情報記録手段と前記N個の音響発生手段との間に介在し、n人（ $n \geq 2$ ）の聴き手の両耳と前記N個の音響発生手段のうち各聴き手から最も遠い音響発生手段を除いた（ $N-1$ ）個の音響発生手段との間の $n \times 2 \times (N-1)$ 個の音響伝達特性に基づいてそれら音響発生手段と聴き手との間のクロストークを消去可能に構築された逆フィルタネットワークと、を備えたことを特徴とする音響再生装置。

【請求項3】 バイノーラル収録方式により音響情報を記録した音響情報記録手段と、N個（ $N \geq 3$ ）の音響発生手段と、前記音響情報記録手段と前記N個の音響発生手段との間に介在し、n人（ $n \geq 2$ ）の聴き手の両耳と前記N個の音響発生手段のうち各聴き手に近接した2個の音響発生手段との間の $n \times 2 \times 2$ 個の音響伝達特性に基づいてそれら音響発生手段と聴き手との間のクロストークを消去可能に構築された逆フィルタネットワークと、を備えたことを特徴とする音響再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、原音場に存在するのと同じような臨場感を有する音響を再生することができる音響再生装置に関し、特に、複数人に対して効果が発揮されるようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】コンサートホール等の各種音場の音楽や車室内の騒音等の音響情報を、人頭を模擬したダミーヘッドの両耳に配置されたマイクロフォンによって記録し、その記録された音響情報をデジタルフィルタで適宜処理した後にスピーカで再生することにより、再生音場においてあたかも原音場にいるのと同じ音楽や騒音を聴くことが可能な音響再生装置が従来から存在する。

（例えば、三浦種敏、音響学会誌46巻8号（1990）p633-634参照。）ここで、かかる従来の音響再生装置の概略を図16乃至図18を伴って説明する。即ち、図16に示すように、音響再生装置1は、バイノーラル収録方式により音楽等の音響情報を記録している記録装置2と、聴き手Lの前方に左右に離して配された二つのスピーカ3L、3Rと、スピーカ3L、3Rごとに設けられたアンプ4L、4Rと、記録装置2及びアンプ4L、4

R間に介在する逆フィルタネットワーク5と、から構成されている。

【0003】記録装置2に記録されている音響情報は、図17に示すように、コンサートホール等の原音場において、ダミーヘッドDの両耳位置に配された左右二つのマイクロフォン MP_L 、 MP_R によって左右別々の収録音 B_1 、 B_2 として収録された音響情報であり、このような収録方式をバイノーラル収録方式という。従って、その記録装置2に記録されている音響情報を適宜再生すれば、再生音場において原音場と同じ音楽を聴くことができるはずである。しかし、単に記録装置2に記録されている音響情報を再生しても、そのような効果を得ることはできない。なぜならば、図16に示す構成において逆フィルタネットワーク5がないものと考え、左耳の位置で収録された収録音 B_1 をスピーカ3Lで再生し、右耳の位置で収録された収録音 B_2 をスピーカ3Rで再生しても、スピーカ3Lからの再生音 S_1 が聴き手Lの左耳だけではなく右耳にも到達し且つスピーカ3Rからの再生音 S_2 が聴き手Lの右耳だけではなく左耳にも到達するといういわゆるクロストークが生じてしまい、聴き手Lが左右の耳で聴く音 M_1 、 M_2 は、収録音 B_1 、 B_2 と一致しないからである。

【0004】そこで、この音響再生装置1にあっては、逆フィルタネットワーク5内に上述したクロストークを消去し得るフィルタを構築することにより、聴き手Lが実際に聴く音 M_1 、 M_2 を収録音 B_1 、 B_2 に一致させているものである。具体的には、先ず図18に示すように、アンプ4L、4Rにテスト信号発生装置6を接続してスピーカ3L、3Rからテスト信号に応じた再生音 S_1 、 S_2 を発生させ、その再生音 S_1 、 S_2 と、ダミーヘッドDの両耳位置で測定された音 M_1 、 M_2 とに基づいて、スピーカ3L、3Rと両耳位置との間の音響伝達特性 h_{11} 、 h_{12} 、 h_{21} 、 h_{22} を同定しておく。

【0005】そして、それら同定された音響伝達特性 h_{11} 、 h_{12} 、 h_{21} 、 h_{22} を用いると、再生音 S_1 、 S_2 と測定された音 M_1 、 M_2 との間の関係は、下記の（1）式のように表される。

【0006】

【数1】

$$\begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \end{bmatrix}$$

【0007】……（1）

一方、図16の構成において、その目標とする効果は、

【0008】

【数2】

$$\begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix}$$

【0011】……(3)

となる。従って、上記(1)式及び(3)式から、再生音 S_1 、 S_2 が下記の(4)式に示すようになれば、上記(2)式が満足されることになる。

【0012】

【数4】

$$\begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{h_{11}h_{22} - h_{12}h_{21}} \begin{bmatrix} h_{22} & -h_{12} \\ -h_{12} & h_{11} \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{|H|} \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{bmatrix}$$

【0015】……(5)

この結果、図16に示す従来の音響再生装置1であれば、聴き手Lは、再生音場にいながらにして、原音場にいるのと同じように音楽を楽しんだり騒音の評価を行うことができた。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の音響再生装置1にあっては、単一の聴き手を対象として構成されていたため、同一空間に存在する複数の人が同じように音楽の鑑賞や騒音の評価を行うことができなかった。即ち、上記のような音響再生装置を複数系統設けても、個々の装置の逆フィルタネットワークは自己の装置内におけるクロストークを消去することは可能であるが、各装置間のクロストークを消去することはできないのである。

【0017】本発明は、このような従来の技術が有する未解決の課題に着目してなされたものであって、複数の聴き手が、再生音場にいながらにして、原音場にいるのと同じように音楽を楽しんだり騒音の評価を行うことができる音響再生装置を提供することを目的としている。

【0018】

【0009】……(2)

である。そこで、この(2)式を変形すると、

【0010】

【数3】

*【0013】……(4)

よって、記録装置2とアンプ4L、4Rとの間に介在する逆フィルタネットワーク5は、下記の(5)式を満足するように構築すればよい。

【0014】

【数5】

*

※【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1記載の発明である音響再生装置は、バイノーラル収録方式により音響情報を記録した音響情報記録手段と、N個($N \geq 2$)の音響発生手段と、前記音響情報記録手段と前記N個の音響発生手段との間に介在し、n人($n \geq 2$)の聴き手の両耳と前記N個の音響発生手段との間の $n \times 2 \times N$ 個の音響伝達特性に基づいてそれら音響発生手段と聴き手との間のクロストークを消去可能に構築された逆フィルタネットワークと、を備えた。

40 【0019】また、上記目的を達成するために、請求項2記載の発明である音響再生装置は、バイノーラル収録方式により音響情報を記録した音響情報記録手段と、N個($N \geq 3$)の音響発生手段と、前記音響情報記録手段と前記N個の音響発生手段との間に介在し、n人($n \geq 2$)の聴き手の両耳と前記N個の音響発生手段のうち各聴き手から最も遠い音響発生手段を除いた($N-1$)個の音響発生手段との間の $n \times 2 \times (N-1)$ 個の音響伝達特性に基づいてそれら音響発生手段と聴き手との間のクロストークを消去可能に構築された逆フィルタネットワークと、を備えた。

※50 【0020】さらに、上記目的を達成するために、請求

項3記載の発明である音響再生装置は、バイノーラル収録方式により音響情報を記録した音響情報記録手段と、N個（ $N \geq 3$ ）の音響発生手段と、前記音響情報記録手段と前記N個の音響発生手段との間に介在し、n人（ $n \geq 2$ ）の聴き手の両耳と前記N個の音響発生手段のうち各聴き手に近接した2個の音響発生手段との間の $n \times 2 \times 2$ 個の音響伝達特性に基づいてそれら音響発生手段と聴き手との間のクロストークを消去可能に構築された逆フィルタネットワークと、を備えた。

【0021】

【作用】請求項1記載の発明にあつては、音響情報記録手段と音響発生手段との間に介在する逆フィルタネットワークが、n人の聴き手の両耳とN個の音響発生手段との間の $n \times 2 \times N$ 個の音響伝達特性に基づいてそれら音響発生手段と聴き手との間のクロストークを消去可能に構築されたものであるため、音響情報記録手段は一つ（つまり、音響再生装置の音源は一つ）であるが、各聴き手は、原音場にいるのと同じような音楽や騒音を聴くことになる。

【0022】また、請求項2記載の発明にあつては、各聴き手から最も遠い音響発生手段の影響は無視できる程度に小さいと考え、各聴き手の両耳と各聴き手から最も遠い音響発生手段との間の音響伝達特性を除いた $n \times 2 \times (N-1)$ 個の音響伝達特性に基づいてクロストークを消去可能に逆フィルタネットワークを構築しているため、上記請求項1記載の発明と同等の作用が、より少ない演算負荷によって得られる。

【0023】さらに、請求項3記載の発明にあつては、各聴き手に近接した2個の音響発生手段の影響が他の音響発生手段に比べて極めて大きいと考え、各聴き手に近接した2個の音響発生手段との間の $n \times 2 \times 2$ 個の音響伝達特性に基づいてそれら音響発生手段と聴き手との間のクロストークを消去可能に逆フィルタネットワークを構築しているため、上記請求項1記載の発明と同等の作用が、上記請求項2記載の発明よりもさらに少ない演算負荷によって得られる。

【0024】

【実施例】以下、この発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1及び図2は本発明の第1実施例を示す図であつて、これは、本発明に係る音響再生装置1を車両の

* 前部座席に適用したものであり、具体的には、車室内にいる聴き手としての二人の乗員 L_1 、 L_2 のそれぞれに、コンサートホール等の原音場にいるのと同じ音楽等を聴かせる装置に本発明を適用したものである。なお、上述した従来の音響再生装置と同等の構成には同じ符号を付している。

【0025】即ち、本実施例にあつては、車両の前部座席に左右に並ぶ二人の乗員 L_1 及び L_2 のそれぞれの正面に左右に離隔して配される計四つのスピーカ3a、3b、3c及び3dを有するとともに、各スピーカ3a～3dのそれぞれはアンプ4a、4b、4c及び4dに接続されていて、これらスピーカ3a～3d及びアンプ4a～4dのそれぞれの組によって音響発生手段が構成される。なお、スピーカ3a～3dは、例えば車室内前部に配されるダッシュパネルに車室内側を向いて固定される。

【0026】そして、各アンプ4a～4dが、逆フィルタネットワーク5を介して、バイノーラル収録方式により音響情報を記録した音響情報記録手段としての例えばテープレコーダ等の記録装置2に接続されている。この記録装置2への音響情報の収録方法は、上述した従来の音響再生装置における場合と同様であり、図17に示した構成がそのまま適用される。

【0027】一方、逆フィルタネットワーク5の内容は、音響再生装置1が四つのスピーカ3a～3dを有し且つ聴き手としての乗員 L_1 、 L_2 が二人いるため、下記のような手順で構築する。即ち、先ず図2に示すように、アンプ4a～4dにテスト信号発生装置6を接続してスピーカ3a～3dからテスト信号に応じた再生音 $S_1 \sim S_4$ を発生させ、その再生音 $S_1 \sim S_4$ と、ダミーヘッド D_1 、 D_2 の両耳位置で測定された音 $M_1 \sim M_4$ とに基づいて、スピーカの個数 \times 乗員数 \times 2個（本実施例では、 $4 \times 2 \times 2 = 16$ 個）存在する各スピーカ3a～3dと乗員 L_1 、 L_2 の両耳との間の音響伝達特性 $h_{11} \sim h_{44}$ を同定する。

【0028】そして、これら音響伝達特性 $h_{11} \sim h_{44}$ を用いると、両耳位置で測定された音 $M_1 \sim M_4$ は下記の（6）式のように表される。

【0029】

【数6】

$$\begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \\ M_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & h_{14} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & h_{24} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} & h_{34} \\ h_{41} & h_{42} & h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix}$$

【0030】……（6）

※【数7】

一方、本実施例の構成においてその目標とする効果は、

【0031】

※50

$$\begin{matrix} & & 7 \\ \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \\ M_4 \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

【0032】…… (7)

である。そこで、この (7) 式を変形すると、

【0033】

【数8】

$$\begin{matrix} & & 8 \\ \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \\ M_4 \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & h_{14} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & h_{24} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} & h_{34} \\ h_{41} & h_{42} & h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & h_{14} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & h_{24} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} & h_{34} \\ h_{41} & h_{42} & h_{43} & h_{44} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

【0034】…… (8)

* 記 (7) 式が満足されることになる。

となる。従って、上記 (6) 式及び (8) 式から、再生
音 $S_1 \sim S_4$ が下記の (9) 式に示すようになれば、上 *

【0035】

【数9】

$$\begin{matrix} & & * \\ \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & h_{14} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & h_{24} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} & h_{34} \\ h_{41} & h_{42} & h_{43} & h_{44} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

【0036】…… (9)

※ 【0037】

よって、本実施例における逆フィルタネットワーク5

【数10】

は、下記の (10) 式を満足するように構築すればよい。 ※

$$\begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & h_{14} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & h_{24} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} & h_{34} \\ h_{41} & h_{42} & h_{43} & h_{44} \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{|H|} \begin{bmatrix} H_{11} & H_{21} & H_{31} & H_{41} \\ H_{12} & H_{22} & H_{32} & H_{42} \\ H_{13} & H_{23} & H_{33} & H_{43} \\ H_{14} & H_{24} & H_{34} & H_{44} \end{bmatrix}$$

【0038】…… (10)

★ ク5を構成する各要素 $|H|$, $H_{11} \sim H_{44}$ は、下記のよ
うになる。

【0039】

【数11】

そこで、逆フィルタネットワーク5は、入力としての収
録音 B_1 , B_2 及び供給先のスピーカ3a~3dが共通
なもの同士を統合することにより、図1に示すような形
になる。なお、本実施例における逆フィルタネットワー ★40

9

10

$$|H| = h_{11} \begin{bmatrix} h_{22} & h_{23} & h_{24} \\ h_{32} & h_{33} & h_{34} \\ h_{42} & h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{12} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{23} & h_{24} \\ h_{31} & h_{33} & h_{34} \\ h_{41} & h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} \\ + h_{13} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{22} & h_{24} \\ h_{31} & h_{32} & h_{34} \\ h_{41} & h_{42} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{14} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \\ h_{41} & h_{42} & h_{43} \end{bmatrix}$$

【0040】

【数12】

$$H_{11} = + \left\{ h_{22} \begin{bmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{23} \begin{bmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{bmatrix} + h_{24} \begin{bmatrix} h_{32} & h_{33} \\ h_{42} & h_{43} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{12} = - \left\{ h_{21} \begin{bmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{23} \begin{bmatrix} h_{31} & h_{34} \\ h_{41} & h_{44} \end{bmatrix} + h_{24} \begin{bmatrix} h_{31} & h_{33} \\ h_{41} & h_{43} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{13} = + \left\{ h_{21} \begin{bmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{22} \begin{bmatrix} h_{31} & h_{34} \\ h_{41} & h_{44} \end{bmatrix} + h_{24} \begin{bmatrix} h_{31} & h_{32} \\ h_{41} & h_{42} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{14} = - \left\{ h_{21} \begin{bmatrix} h_{32} & h_{33} \\ h_{42} & h_{43} \end{bmatrix} - h_{22} \begin{bmatrix} h_{31} & h_{33} \\ h_{41} & h_{43} \end{bmatrix} + h_{23} \begin{bmatrix} h_{31} & h_{32} \\ h_{41} & h_{42} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{21} = - \left\{ h_{12} \begin{bmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{13} \begin{bmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{bmatrix} + h_{14} \begin{bmatrix} h_{32} & h_{33} \\ h_{42} & h_{43} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{22} = + \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{13} \begin{bmatrix} h_{31} & h_{34} \\ h_{41} & h_{44} \end{bmatrix} + h_{14} \begin{bmatrix} h_{31} & h_{33} \\ h_{41} & h_{43} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{23} = - \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{12} \begin{bmatrix} h_{31} & h_{34} \\ h_{41} & h_{44} \end{bmatrix} + h_{14} \begin{bmatrix} h_{31} & h_{32} \\ h_{41} & h_{42} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{24} = + \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{32} & h_{33} \\ h_{42} & h_{43} \end{bmatrix} - h_{12} \begin{bmatrix} h_{31} & h_{33} \\ h_{41} & h_{43} \end{bmatrix} + h_{13} \begin{bmatrix} h_{31} & h_{32} \\ h_{41} & h_{42} \end{bmatrix} \right\}$$

【0041】

【数13】

$$\begin{aligned}
 & \begin{matrix} 11 & & 12 \end{matrix} \\
 H_{31} = & + \left\{ h_{12} \begin{bmatrix} h_{23} & h_{24} \\ h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{13} \begin{bmatrix} h_{22} & h_{24} \\ h_{42} & h_{44} \end{bmatrix} + h_{14} \begin{bmatrix} h_{22} & h_{23} \\ h_{42} & h_{43} \end{bmatrix} \right\} \\
 H_{32} = & - \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{23} & h_{24} \\ h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{13} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{24} \\ h_{41} & h_{44} \end{bmatrix} + h_{14} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{23} \\ h_{41} & h_{43} \end{bmatrix} \right\} \\
 H_{33} = & + \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{22} & h_{24} \\ h_{42} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{12} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{24} \\ h_{41} & h_{44} \end{bmatrix} + h_{14} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{22} \\ h_{41} & h_{42} \end{bmatrix} \right\} \\
 H_{34} = & - \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{22} & h_{23} \\ h_{42} & h_{43} \end{bmatrix} - h_{12} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{23} \\ h_{41} & h_{43} \end{bmatrix} + h_{13} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{22} \\ h_{41} & h_{42} \end{bmatrix} \right\} \\
 H_{41} = & - \left\{ h_{12} \begin{bmatrix} h_{23} & h_{24} \\ h_{33} & h_{34} \end{bmatrix} - h_{13} \begin{bmatrix} h_{22} & h_{24} \\ h_{32} & h_{34} \end{bmatrix} + h_{14} \begin{bmatrix} h_{22} & h_{23} \\ h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \right\} \\
 H_{42} = & + \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{23} & h_{24} \\ h_{33} & h_{34} \end{bmatrix} - h_{13} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{24} \\ h_{31} & h_{34} \end{bmatrix} + h_{14} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{23} \\ h_{31} & h_{33} \end{bmatrix} \right\} \\
 H_{43} = & - \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{22} & h_{24} \\ h_{32} & h_{34} \end{bmatrix} - h_{12} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{24} \\ h_{31} & h_{34} \end{bmatrix} + h_{14} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{22} \\ h_{41} & h_{32} \end{bmatrix} \right\} \\
 H_{44} = & + \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{22} & h_{23} \\ h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} - h_{12} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{23} \\ h_{31} & h_{33} \end{bmatrix} + h_{13} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{22} \\ h_{31} & h_{32} \end{bmatrix} \right\}
 \end{aligned}$$

【0042】そして、このような構成であれば、乗員 L_1 、 L_2 のそれぞれの左耳位置における音 M_1 及び M_2 は記録装置2にバイノーラル収録されている左耳側の収録音 B_1 に一致し、乗員 L_1 、 L_2 のそれぞれの右耳位置における音 M_2 、 M_1 は記録装置2にバイノーラル収録されている右耳側の収録音 B_2 に一致するため、複数の乗員 L_1 、 L_2 のそれぞれが、車室内においてあたかもコンサートホール等の原音場にいるのと同じような広がりをもった音楽等を楽しむことができる。

【0043】ここで、インパルス応答が有限な時間内で必ず零に収束し且つ原点以外に極を持たないという特徴があることから、系の安定性を考慮すると、一般に制御用フィルタにはFIRフィルタが適用される。しかし、車両の車室内音圧レベルの周波数特性は、気柱共鳴のため図3(a)に示すように鋭利な山及び谷を有するた

*め、図3(b)に示すように山の部分が鈍るFIRフィルタで逆フィルタネットワーク5を形成すると、図3(c)に示すようにクロストークを完全に打ち消すことはできない。

40 【0044】一方、IIRフィルタにあつては、図3(d)に示すように山及び谷の部分が鈍ることがないため、図3(e)に示すようにクロストークを完全に打ち消してフラットな特性を得ることができる。つまり、本実施例のように車室内に適用される音響再生装置1にあつては、逆フィルタネットワーク5は、FIRフィルタではなく、IIRフィルタで形成することが望ましい。

【0045】図4及び図5は本発明の第2実施例を示す図であつて、本実施例も上記第1実施例と同様に、本発明に係る音響再生装置1を車両の前部座席に適用したものである。なお、上記第1実施例と同等の構成には同じ

13

符号を付し、その重複する説明は省略する。即ち、本実施例にあっては、基本的な構成は上記第1実施例と同じであるが、乗員 L_1 から最も遠いスピーカ3dのその乗員 L_1 に対する影響と、乗員 L_2 から最も遠いスピーカ3aのその乗員 L_2 に対する影響とは無視できる程度に小さいと考えていて、図5に示すように、それら無視できる程度に小さい影響に関する音響伝達特性 h_{31} , h_{32} , h_{33} 及び h_{34} を省略して考えている。

*

$$\begin{pmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \\ M_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & 0 \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & 0 \\ 0 & h_{32} & h_{33} & h_{34} \\ 0 & h_{42} & h_{43} & h_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{pmatrix}$$

【0048】…… (11)

この(11)式は上記第1実施例における(6)式に対応するものであり、従って、本実施例における逆フィルタネットワーク5は、上記第1実施例と同様に求めることができ図4に示すようになる。しかし、上述したように ※20

$$|H|' = h_{11} \begin{pmatrix} h_{22} & h_{23} & 0 \\ h_{32} & h_{33} & h_{34} \\ h_{42} & h_{43} & h_{44} \end{pmatrix} - h_{12} \begin{pmatrix} h_{21} & h_{23} & 0 \\ 0 & h_{33} & h_{34} \\ 0 & h_{43} & h_{44} \end{pmatrix}$$

$$+ h_{13} \begin{pmatrix} h_{21} & h_{22} & 0 \\ 0 & h_{32} & h_{34} \\ 0 & h_{42} & h_{44} \end{pmatrix}$$

【0050】

【数16】

14

*【0046】従って、本実施例では、(スピーカの個数-1)×乗員数×2個(この例では、 $3 \times 2 \times 2 = 12$ 個)の音響伝達特性 $h_{11} \sim h_{44}$ が用いられることになり、これらによって両耳位置で測定された音 $M_1 \sim M_4$ は下記の(11)式のように表される。

【0047】

【数14】

※用いられる音響伝達特性の個数が上記第1実施例よりも少ないため、逆フィルタネットワーク5を構成する各要素 $|H|'$, $H_{11}' \sim H_{44}'$ は、下記ようになる。

【0049】

【数15】

15

16

$$H_{11}' = + \left\{ h_{22} \begin{pmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{pmatrix} - h_{23} \begin{pmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{pmatrix} \right\}$$

$$H_{12}' = - h_{21} \begin{pmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{pmatrix}$$

$$H_{13}' = h_{21} \begin{pmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{pmatrix}$$

$$H_{14}' = - h_{21} \begin{pmatrix} h_{32} & h_{33} \\ h_{42} & h_{43} \end{pmatrix}$$

$$H_{21}' = - \left\{ h_{12} \begin{pmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{pmatrix} - h_{13} \begin{pmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{pmatrix} \right\}$$

$$H_{22}' = h_{11} \begin{pmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{pmatrix}$$

$$H_{23}' = h_{11} \begin{pmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{pmatrix}$$

$$H_{24}' = h_{11} \begin{pmatrix} h_{32} & h_{33} \\ h_{42} & h_{43} \end{pmatrix}$$

【0051】

【数17】

$$H_{31}' = + \left\{ h_{12} \begin{bmatrix} h_{23} & 0 \\ h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{13} \begin{bmatrix} h_{22} & 0 \\ h_{42} & h_{44} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{32}' = - \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{23} & 0 \\ h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{13} \begin{bmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{44} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{33}' = + \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{22} & 0 \\ h_{42} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{12} \begin{bmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{44} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{34}' = - \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{22} & h_{23} \\ h_{42} & h_{43} \end{bmatrix} - h_{12} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{23} \\ 0 & h_{43} \end{bmatrix} + h_{13} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{22} \\ 0 & h_{42} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{41}' = - \left\{ h_{12} \begin{bmatrix} h_{23} & 0 \\ h_{33} & h_{34} \end{bmatrix} - h_{13} \begin{bmatrix} h_{22} & 0 \\ h_{32} & h_{34} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{42}' = + \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{23} & 0 \\ h_{33} & h_{34} \end{bmatrix} - h_{13} \begin{bmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{34} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{43}' = - \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{22} & 0 \\ h_{32} & h_{34} \end{bmatrix} - h_{12} \begin{bmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{34} \end{bmatrix} \right\}$$

$$H_{44}' = + \left\{ h_{11} \begin{bmatrix} h_{22} & h_{23} \\ h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} - h_{12} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{23} \\ 0 & h_{33} \end{bmatrix} + h_{13} \begin{bmatrix} h_{21} & h_{22} \\ 0 & h_{32} \end{bmatrix} \right\}$$

【0052】このように、本実施例の構成であれば、逆フィルタネットワーク5を構成する各要素 $|H|'$ 、 $H_{11}' \sim H_{44}'$ が上記第1実施例に比べて簡素化されるため、上記第1実施例と同等の作用効果を、より少ない演算負荷によって実現することができ、しかもコストの低減も図られる。つまり、より実用的な音響再生装置1を提供することができる。

【0053】図6及び図7は本発明の第3実施例を示す図であって、本実施例も上記第1実施例と同様に、本発明に係る音響再生装置1を車両の前部座席に適用したものである。なお、上記第1実施例と同等の構成には同じ符号を付し、その重複する説明は省略する。即ち、本実施例にあっても、基本的な構成は上記第1実施例と同じ *

*であるが、各乗員 L_1 及び L_2 にそれぞれ近接した2個のスピーカの影響が最も大きく、且つ、それ以外のスピーカの影響は無視できると考えていて、図7に示すように、音響伝達特性 h_{31} 、 h_{41} 、 h_{32} 、 h_{42} 、 h_{13} 、 h_{23} 、 h_{14} 、 h_{24} を省略して考えている。

40 【0054】つまり、本実施例では、影響の大きいスピーカの個数(2)×乗員数×2個(この例では、 $2 \times 2 \times 2 = 8$ 個)の音響伝達特性 $h_{11} \sim h_{44}$ が用いられることになり、これらによって両耳位置で測定された音 $M_1 \sim M_4$ は下記の(12)式のように表される。

【0055】

【数18】

$$\begin{matrix} 19 & & 20 \\ \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \\ M_4 \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & 0 & 0 \\ h_{21} & h_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & h_{33} & h_{34} \\ 0 & 0 & h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

【0056】…… (12)

この(12)式は上記第1実施例における(6)式に対応するものであり、従って、本実施例における逆フィルタネットワーク5は、上記第1実施例と同様に求めることができ図6に示すようになる。しかし、上述したように *

* 用いられる音響伝達特性の個数が上記第1実施例よりも少ないため、逆フィルタネットワーク5を構成する各要素 $|H|''$, $H_{11}'' \sim H_{44}''$ は、下記のようになる。

【0057】

【数19】

$$|H|'' = h_{11} \begin{bmatrix} h_{22} & 0 & 0 \\ 0 & h_{33} & h_{34} \\ 0 & h_{43} & h_{44} \end{bmatrix} - h_{12} \begin{bmatrix} h_{21} & 0 & 0 \\ 0 & h_{33} & h_{34} \\ 0 & h_{43} & h_{44} \end{bmatrix}$$

$$= h_{11} h_{22} (h_{33} h_{44} - h_{34} h_{43}) - h_{12} h_{21} (h_{33} h_{44} - h_{34} h_{43})$$

$$= (h_{11} h_{22} - h_{12} h_{21}) (h_{33} h_{44} - h_{34} h_{43})$$

【0058】

【数20】

21

22

$$H_{11}'' = h_{22} \begin{pmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{pmatrix} = h_{22} (h_{33}h_{44} - h_{34}h_{43})$$

$$H_{12}'' = -h_{21} \begin{pmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{pmatrix} = -h_{21} (h_{33}h_{44} - h_{34}h_{43})$$

$$H_{21}'' = -h_{12} \begin{pmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{pmatrix} = -h_{12} (h_{33}h_{44} - h_{34}h_{43})$$

$$H_{22}'' = h_{11} \begin{pmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{pmatrix} = h_{11} (h_{33}h_{44} - h_{34}h_{43})$$

$$H_{33}'' = + \left\{ h_{11} \begin{pmatrix} h_{22} & 0 \\ 0 & h_{44} \end{pmatrix} - h_{12} \begin{pmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{43} \end{pmatrix} \right\}$$

$$= h_{11}h_{22}h_{44} - h_{12}h_{21}h_{44}$$

$$H_{34}' = - \left\{ h_{11} \begin{pmatrix} h_{22} & 0 \\ 0 & h_{43} \end{pmatrix} - h_{12} \begin{pmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{43} \end{pmatrix} \right\}$$

$$= -h_{11}h_{22}h_{43} + h_{12}h_{21}h_{43}$$

$$H_{43}' = - \left\{ h_{11} \begin{pmatrix} h_{22} & 0 \\ 0 & h_{34} \end{pmatrix} - h_{12} \begin{pmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{34} \end{pmatrix} \right\}$$

$$= -h_{11}h_{22}h_{34} + h_{12}h_{21}h_{34}$$

$$H_{44}' = + \left\{ h_{11} \begin{pmatrix} h_{22} & 0 \\ 0 & h_{33} \end{pmatrix} - h_{12} \begin{pmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{33} \end{pmatrix} \right\}$$

$$= h_{11}h_{22}h_{33} - h_{12}h_{21}h_{33}$$

【0059】このように、本実施例の構成であれば、逆フィルタネットワーク5を構成する各要素 $|H|''$ 、 $H_{11}'' \sim H_{44}''$ が上記第2実施例に比べてさらに簡素化されるため、上記第1実施例と同等の作用効果を、上記第2実施例よりもさらに少ない演算負荷によって実現することができる。つまり、さらに実用的な音響再生装置1を提供することができる。

【0060】特に、本実施例の構成は、近接する二つのスピーカの影響が顕著に大きくなる場合、例えば車両の

* 前部座席と後部座席とにおいて音響を再生する場合に好適である。図8は本発明の第4実施例を示す図であって、本実施例も上記第1実施例と同様に、本発明に係る音響再生装置1を車両の前部座席に適用したものである。なお、上記第1実施例と同等の構成には同じ符号を付し、その重複する説明は省略する。

【0061】即ち、本実施例は、例えば車両の前部座席に搭乗する二人の乗員 L_1 及び L_2 周囲の音響空間は左右対象の関係にある、つまり乗員 L_1 の左耳と乗員 L_2

の右耳とは同等の条件にあり、乗員 L_1 の右耳と乗員 L_2 の左耳とは同等の条件にあるという前提と、乗員 L_1 、 L_2 から最も遠いスピーカの影響は無視できるとする前提とに基づいてなされたものである。

【0062】そして、図16乃至図18で説明した一人用の従来の音響再生装置と同様の逆フィルタネットワーク5を用いるとともに、三つのスピーカ3a、3b及び3cを、乗員 L_1 の前方左右にスピーカ3a、3bが並び且つ乗員 L_2 の前方左右にスピーカ3b、3cが並ぶように配設し、さらに、端に位置するスピーカ3a、3cを駆動するアンプ4a、4cには逆フィルタネットワーク5でフィルタ処理された一方（従来の左耳側）の出力を供給し、中央に位置するスピーカ3bを駆動するアンプ4bには逆フィルタネットワーク5でフィルタ処理された他方（従来の右耳側）の出力を供給する。

【0063】このような構成であれば、対一人用の逆フィルタネットワーク5と、3個のスピーカ3a～3cとによって、二人の乗員 L_1 、 L_2 にコンサートホール等の原音場にいるのと同じような広がりをもった音楽等を聴かせることができる。つまり、極めて簡易な構成で対複数人用の音響再生装置1とすることができる。図9及び図10は本発明の第5実施例を示す図である。

【0064】ここで、上記第1乃至第4実施例では、逆フィルタネットワーク5の内容を変更する構成とはしていないが、特に車室内のような閉空間にあっては、音響伝達特性 $h_{11} \sim h_{44}$ は、温度、乗員数、窓の開閉状況等に応じて大きく変わることがあるため、ある状況において逆フィルタネットワーク5が良好に作用するとしても、他の状況において良好に作用するという保証は得られない。

【0065】そこで、本実施例では、記録装置2及びアンプ4a、4b間に逆フィルタネットワーク5を含んで構成されたコントローラ10を介在させ、かかるコントローラ10内には、逆フィルタネットワーク5の他に、*

$$y(n) = \sum_{j=0}^{J-1} C^{*}_{1nj} x(n-j) \quad \dots\dots (13)$$

が成立する。次に、評価関数 J_e をマイクロフォンの測定音と適応フィルタの出力との差の二乗とすると、

$$J_e = \{e_1(n) - y(n)\}^2 \\ = \{e_1(n) - \sum_{j=0}^{J-1} C^{*}_{1nj} x(n-j)\}^2 \quad \dots\dots (14)$$

となり、この評価関数 J_e を各フィルタ係数 C^{*}_{1nj} に★する。

★【0069】そこで、上記(14)式から

$$\partial J_e / \partial C^{*}_{1nj} \\ = -2x(n-j) \{e_1(n) - \sum_{j=0}^{J-1} C^{*}_{1nj} x(n-j)\} \quad \dots\dots (15)$$

となることから、フィルタ係数の書換式は下記の(16)★【0070】

式になる。

$$C^{*}_{1nj}(n+1) = C^{*}_{1nj}(n) \\ + \alpha x(n-j) \{e_1(n) - \sum_{j=0}^{J-1} C^{*}_{1nj} x(n-j)\} \quad \dots\dots (16)$$

*テスト信号発生装置6と、逆フィルタネットワーク5の出力及びテスト信号発生装置6の出力を選択してアンプ4a、4bに供給する切替スイッチ11と、テスト信号発生装置6の出力及び乗員 L_1 の両耳位置に配されたマイクロフォン MP_1 、 MP_2 の出力に基づいてスピーカ3a、3b及び乗員 L_1 の両耳間の音響伝達特性を同定しさらにその同定結果に整合するように逆フィルタネットワーク5の内容を変更する同定演算部12と、を設けている。

10 【0066】そして、本実施例では、乗員 L_1 の操作により入力される切替信号によって、テスト信号発生装置6、切替スイッチ11及び同定演算部12が作動状態となって逆フィルタネットワーク5の内容を更新するようになっている。なお、同定演算部12における音響伝達特性の具体的な演算手法としては、FFTによる方法や、LMSアルゴリズム等による適応フィルタを用いる方法等が考えられる。

20 【0067】例えば、FFTによる方法としては、テスト信号としてホワイトノイズ等のランダム信号を発生させ、そのテスト信号とマイクロフォン MP_1 、 MP_2 が測定した測定音とをFFTでフーリエ変換して各周波数成分毎の減衰状態等を求めて伝達関数を演算し、その伝達関数を逆フーリエ変換してインパルス応答関数を求めて音響伝達特性を演算し、その結果に応じて逆フィルタネットワーク5の内容を更新する。

30 【0068】また、LMSアルゴリズムを利用する方法の概要は以下になる。即ち、テスト信号を $x(n)$ 、 m 番目のスピーカからテスト信号が発生されたときの1番目のマイクロフォンの測定音を $e_1(n)$ 、 m 番目のスピーカと1番目のマイクロフォンとの間の伝達関数 C_{1m} の j 番目に対応するフィルタ係数を C^{*}_{1mj} 、フィルタ係数更新中の適応フィルタの出力を $y(n)$ とすると、

なお、 α は収束係数と呼ばれる係数であって、フィルタが最適に収束する速度やその安定性に関与する。

【0071】図10は本実施例の特徴部分の処理の概要を示すフローチャートであり、以下図10に従って本実施例の作用を説明する。即ち、先ずそのステップ101において切替信号が入力されているか否かを判定し、ここで切替信号が入力されていないと判定された場合には、逆フィルタネットワーク5の内容を変更する必要がないと判断し、ステップ102以降の処理は実行しない。

【0072】しかし、ステップ101で切替信号が入力されていると判定された場合には、ステップ102に移行し、ここで切替スイッチ11をテスト信号発生装置6側に切り替え、次いでステップ103に移行しテスト信号発生装置6においてテスト信号を生成しこれを出力する。すると、スピーカ3a、3bからはテスト信号に応じたテスト音が発生し、これがマイクロフォンMP₁、MP₂によって測定される。

【0073】そして、ステップ104に移行してマイクロフォンMP₁、MP₂の測定結果を読み込み、ステップ105において、同定演算部12がマイクロフォンMP₁、MP₂の測定結果とテスト信号とに基づいて上述した方法等により伝達関数を同定する。かかる伝達関数が同定されたら、ステップ106に移行して、その新たな伝達関数に応じて逆フィルタネットワーク5の内容を適宜更新する。

【0074】このように、本実施例の構成であれば、乗員L₁からの要求に応じてスピーカ3a、3bと乗員L₁の両耳との間の伝達関数が同定され、その伝達関数に応じて逆フィルタネットワーク5の内容が更新されるため、音響伝達特性が温度、乗員数、窓の開閉状況等に応じて大きく変わることがあっても、音響再生装置1としての良好な作用効果を得ることができる。

【0075】図11は本発明の第6実施例を示す図である。即ち、本実施例の基本的な構成は上記第5実施例と同様であり、異なるのは、上記第5実施例では乗員からの要求に応じて音響伝達特性を求める構成であったのに対し、本実施例では、音響伝達特性が変化したか否かを判断し、変化したと判断された場合に音響伝達特性を求めて逆フィルタネットワークを更新する構成とした点である。

【0076】つまり、例えば車室内の音響伝達特性は、温度、窓の開閉状況、乗員数、乗員の位置等に応じて変化することから、車室内の温度を検知する温度センサ、窓の開閉状況を検知する窓開閉位置センサ、乗員の有無を検知するシートスイッチ、シートの位置を検知するシート位置センサ等を設けるとともに、図11のステップ110においてそれらセンサの検出値を読み込み、次いでステップ111に移行しそれらセンサの検出値に基づいて音響伝達特性が変化したか否かを判断する。そし

て、このステップ111において音響伝達特性が変化していると判断された場合には、ステップ102以降の処理を実行する。

【0077】このような構成であれば、上記第5実施例と同等の作用効果を、乗員の手を煩わすことなく得ることができる。図12及び図13は本発明の第7実施例を示す図である。即ち、本実施例では、コントローラ10内に、温度、窓の開閉状況、乗員数、乗員の位置等と逆フィルタネットワーク5の各要素との関係を記憶した記憶テーブル13と、温度センサ、窓開閉位置センサ、シートスイッチ、シート位置センサ等から供給されるセンサ検出値に応じて記憶テーブル13に記憶されている最適なフィルタを選択するフィルタ選択部14と、を設けている。

【0078】そして、図13に示すように、ステップ110でセンサの検出値を読み込み、次いでステップ111に移行しそれらセンサの検出値に基づいて音響伝達特性が変化したか否かを判断し、このステップ111においては、ステップ112に移行し、センサ検出値に対応したフィルタの値を選択し、この選択された値で逆フィルタネットワーク5の内容を更新する。

【0079】つまり、本実施例の構成であれば、上記第5実施例と同様に音響伝達特性が温度、乗員数、窓の開閉状況等に応じて大きく変わることがあっても音響再生装置1としての良好な作用効果を得ることができ、しかも、テスト音を発生させる必要がないから、テスト信号を乗員L₁に聞かれないことがないし、同定演算も不要であるという利点がある。

【0080】なお、記憶テーブル13を交換可能な例えばICカード等に記憶させる構成、いわゆるエントリーシステムとし、そのICカードに記憶される記憶テーブル13の内容を、ICカードの持ち主毎に設定するようにすれば、各乗員の体格等によっても異なる音響伝達特性が正確に再現され、より正確な音場の定位が可能になりさらにリアルな音楽を楽しむことや騒音の評価が可能になる。

【0081】図14及び図15は本発明の第8実施例を示す図である。即ち、基本的な構成は上記第7実施例と同様であるが、本実施例では、記憶テーブル15に、センサ検出値の変化量に対するフィルタ係数変化量を記憶させていて、そして、フィルタ係数更新部16は、センサ検出値に基づいて記憶テーブル15からフィルタ係数変化量を読み出し、その読み出した変化量に応じて現在のフィルタを更新して新たなフィルタとし、これを逆フィルタネットワーク5に設定するものである。

【0082】つまり、図15に示すように、ステップ111において音響伝達特性が変化していると判断された場合には、ステップ114に移行しセンサ検出値の変化量に基づいて記憶テーブル15に記憶されているフィル

タ変化量を読み出し、次いでステップ115に移行して現在の逆フィルタネットワーク5の値を読み出し、そして、ステップ116に移行してステップ114及び115で読み出した値を加算して新たな逆フィルタネットワーク5の値を求めてこれを更新する。

【0083】このような構成であれば、状況の変化量に応じてフィルタ変化量を求めることになるため、上記第7実施例よりもきめ細かなフィルタの設定が可能となり、よりリアルな音場の定位が行えるようになる。なお、本実施例の構成においても、記憶テーブル15の内容をICカード等に記憶させてエントリーシステムとしてもよいことは勿論である。

【0084】なお、上記各実施例では、本発明に係る音響再生装置1を車室内に適用した場合について説明したが、本発明を適用可能な音響再生空間はこれに限定されるものではない。また、上記各実施例では、聴き手としての乗員が二名の場合について説明したが、聴き手は三名以上であっても本発明は適用し得るものである。

【0085】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、複数人の聴き手を対象としてクロストークを消去可能な逆フィルタネットワークを構築し、バイノーラル収録方式により記録された音響情報を逆フィルタネットワークで処理してから音響発生手段に供給する構成としたため、複数の聴き手のそれぞれが、再生音場においてあたかもコンサートホール等の原音場にいるのと同じような広がりをもった音楽等を楽しんだり、リアルな騒音の評価を行うことができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】第1実施例における音響伝達特性の測定方法を示す図である。

【図3】フィルタ形式の特性を説明する周波数特性図である。

【図4】本発明の第2実施例の構成を示すブロック図で *

*ある。

【図5】第2実施例における音響伝達特性の測定方法を示す図である。

【図6】本発明の第3実施例の構成を示すブロック図である。

【図7】第3実施例における音響伝達特性の測定方法を示す図である。

【図8】本発明の第4実施例の構成を示すブロック図である。

10 【図9】本発明の第5実施例の構成を示すブロック図である。

【図10】第5実施例における特徴部分の処理の概要を示すフローチャートである。

【図11】第6実施例における特徴部分の処理の概要を示すフローチャートである。

【図12】本発明の第7実施例の構成を示すブロック図である。

【図13】第7実施例における特徴部分の処理の概要を示すフローチャートである。

20 【図14】本発明の第8実施例の構成を示すブロック図である。

【図15】第8実施例における特徴部分の処理の概要を示すフローチャートである。

【図16】従来の音響再生装置の構成を示すブロック図である。

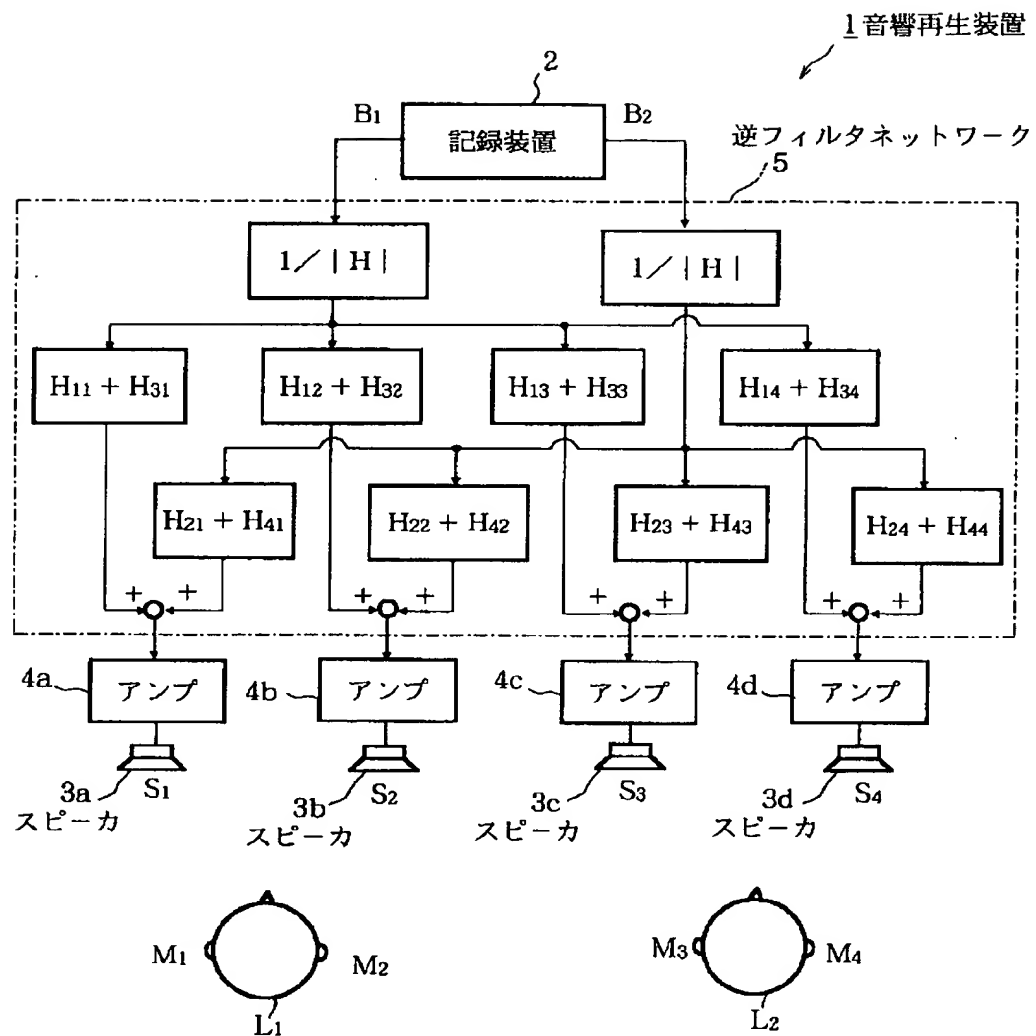
【図17】バイノーラル収録方式の説明図である。

【図18】従来の音響伝達特性の測定方法を示す図である。

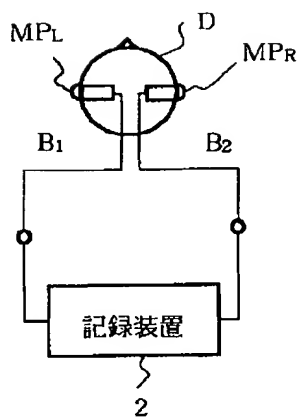
【符号の説明】

- | | | |
|----|----------------------|----------------|
| 30 | 1 | 音響再生装置 |
| | 2 | 記録装置（音響情報記録手段） |
| | 3a～3d | スピーカ |
| | 4a～4d | アンプ |
| | 5 | 逆フィルタネットワーク |
| | $h_{11} \sim h_{44}$ | 音響伝達特性 |
| | L_1, L_2 | 乗員（聴き手） |

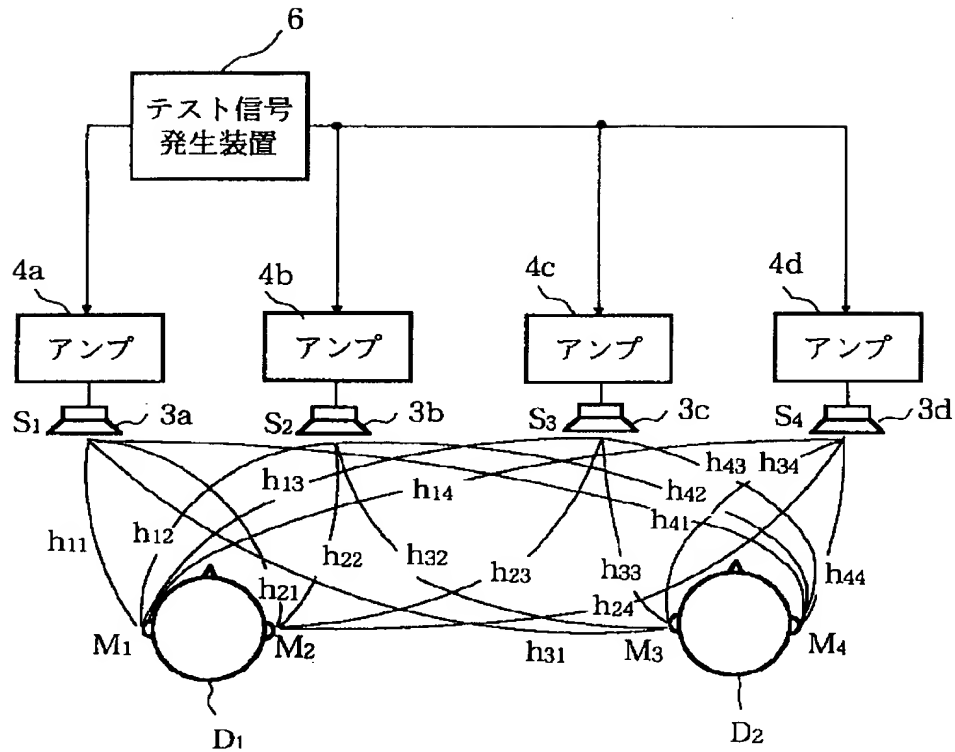
【図1】



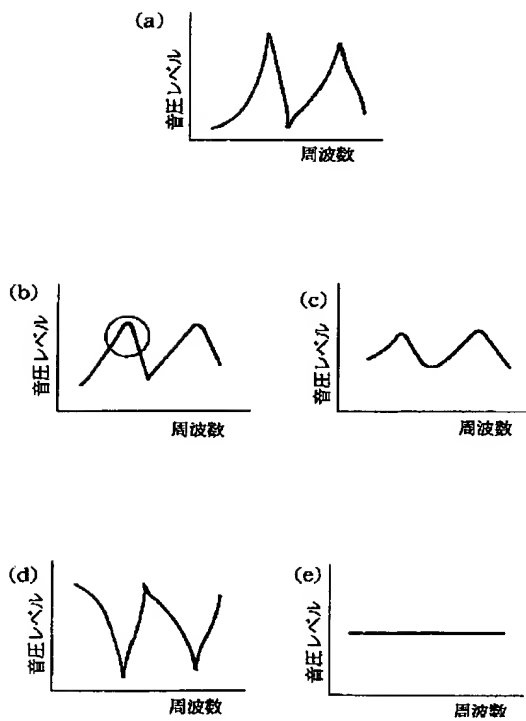
【図17】



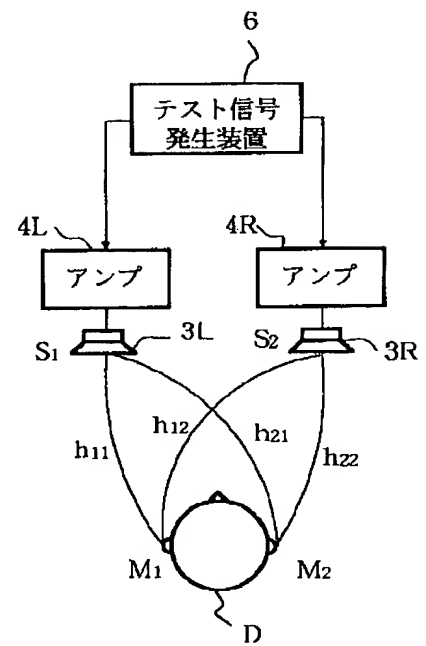
【図2】



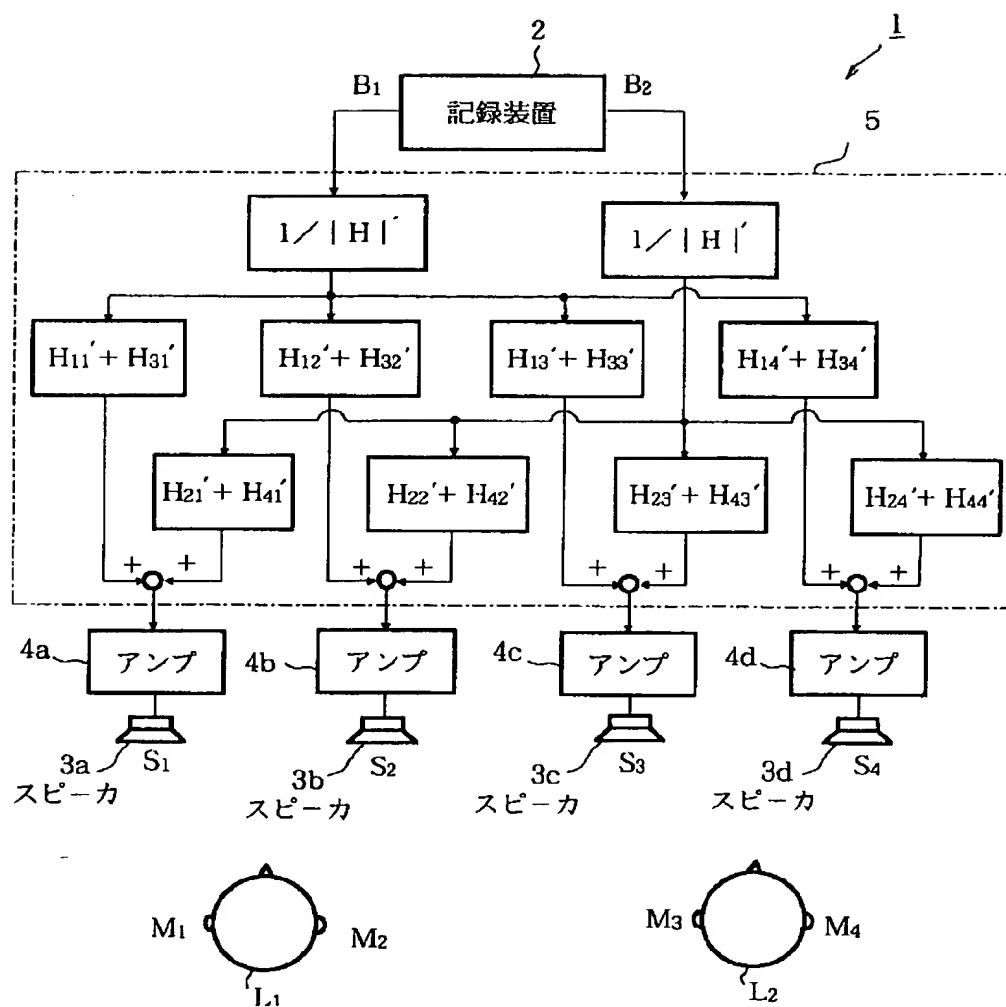
【図3】



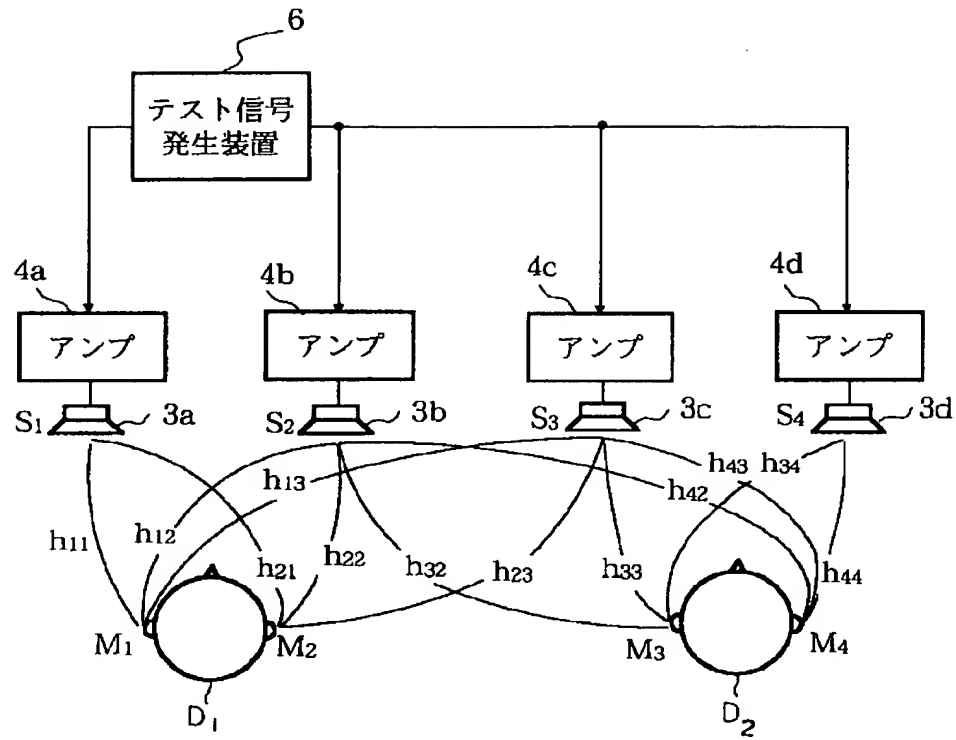
【図18】



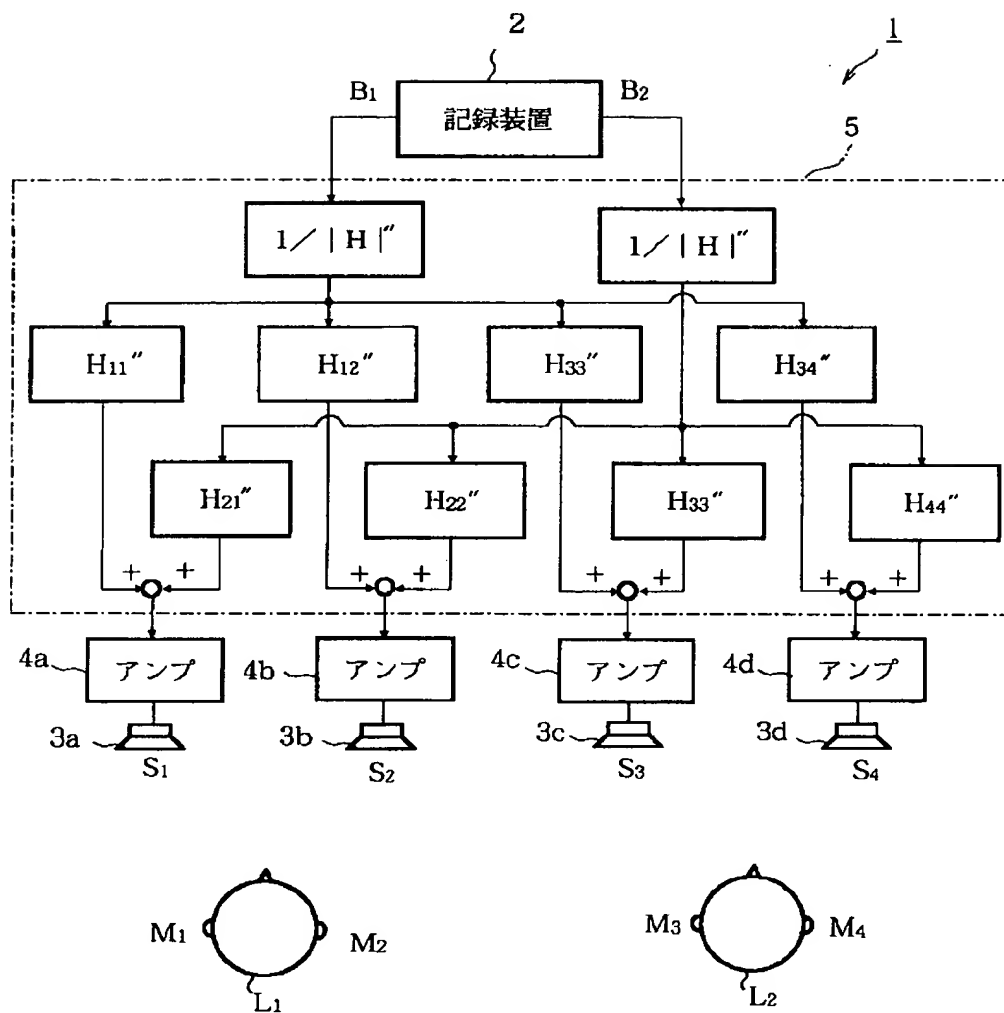
【図 4】



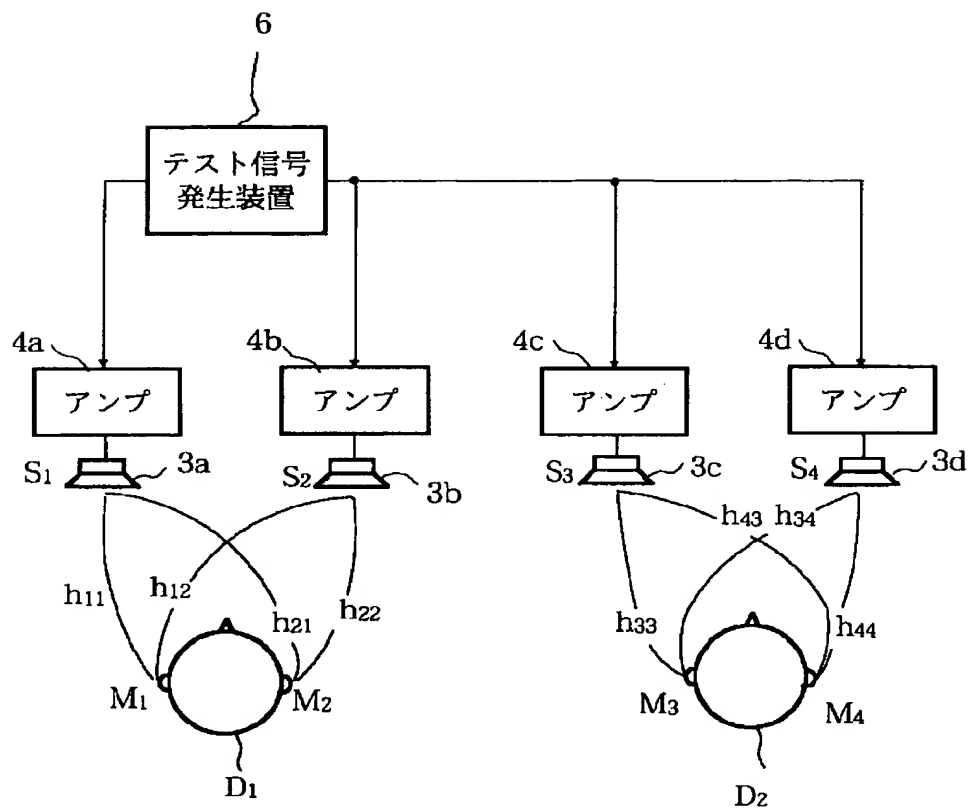
【図5】



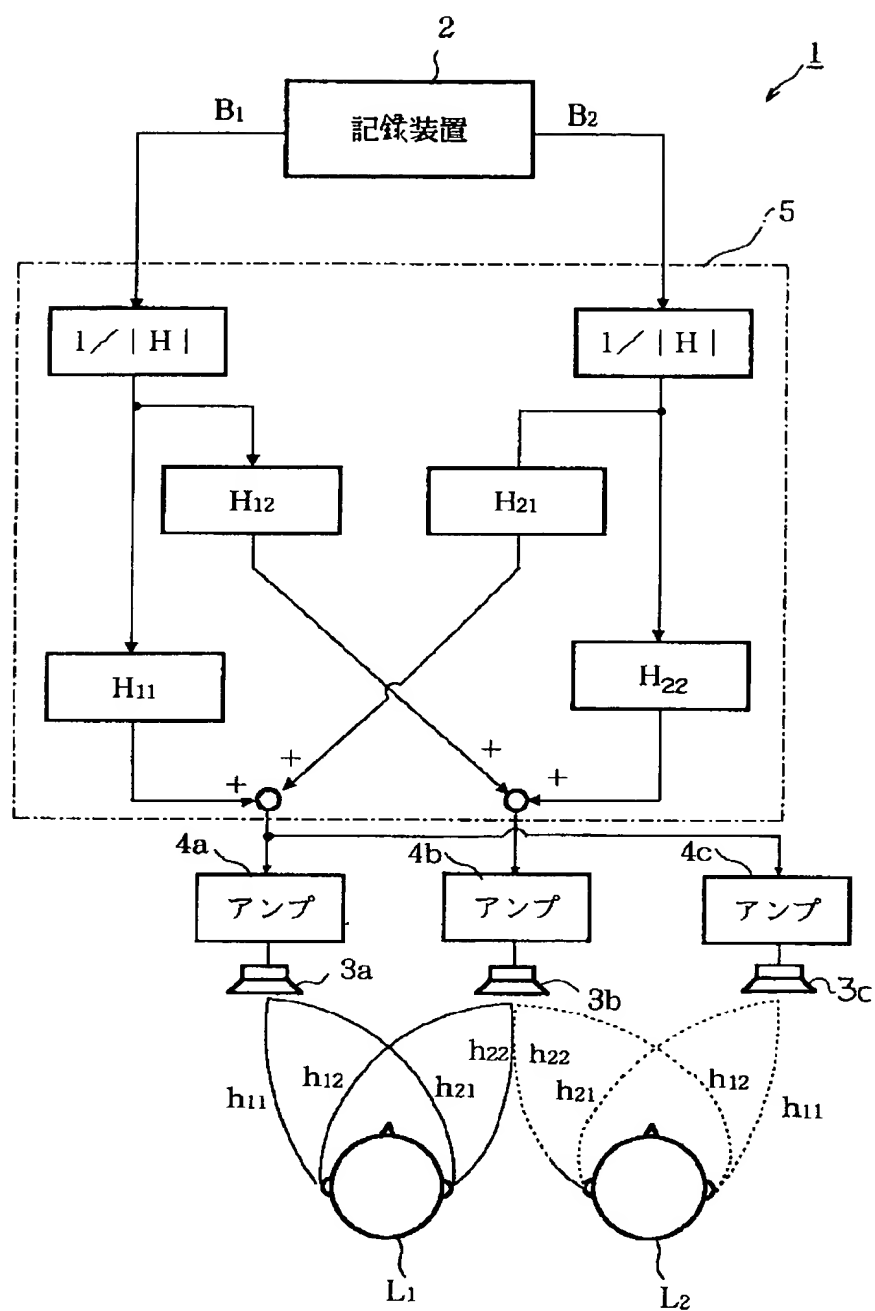
【図6】



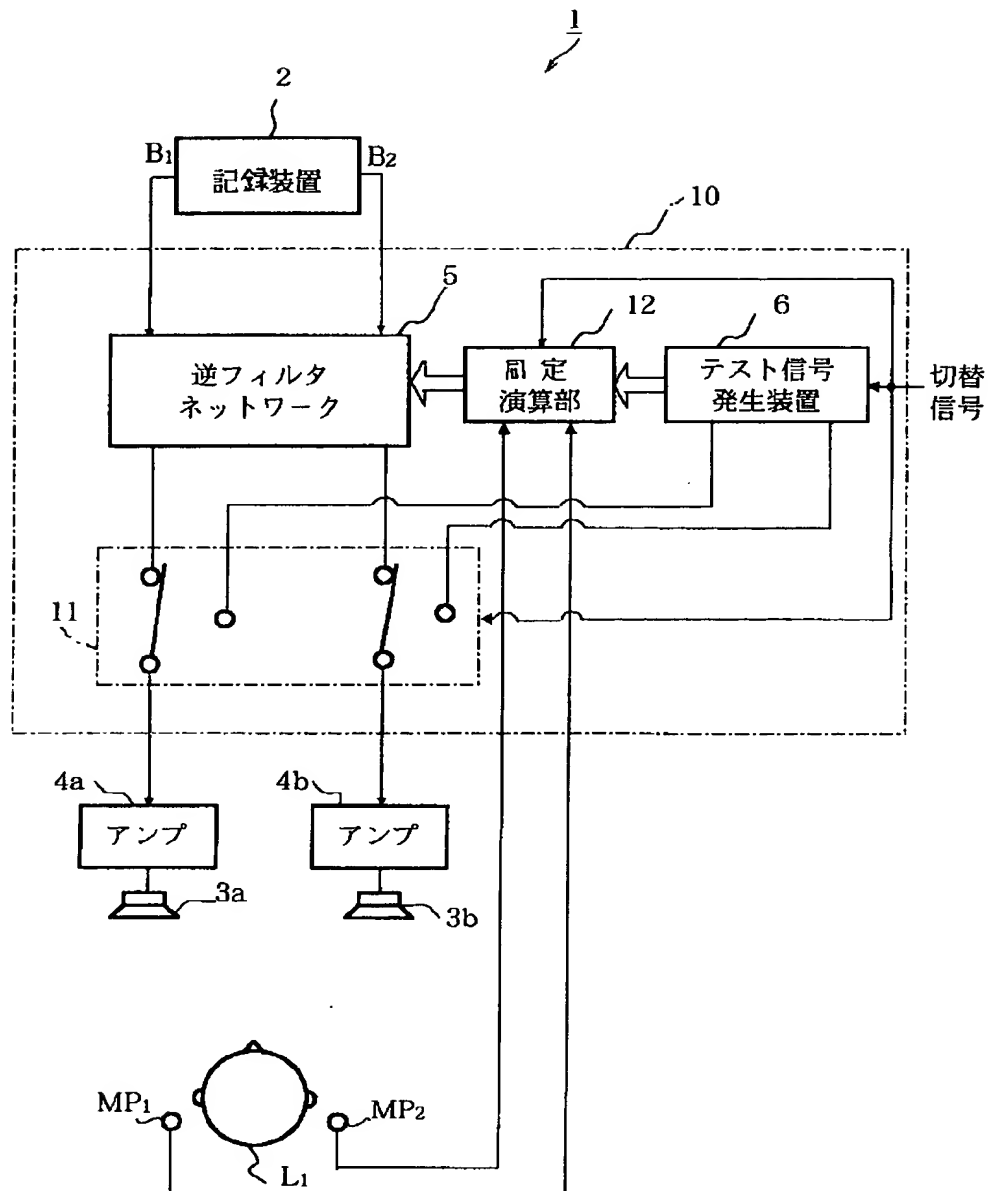
【図7】



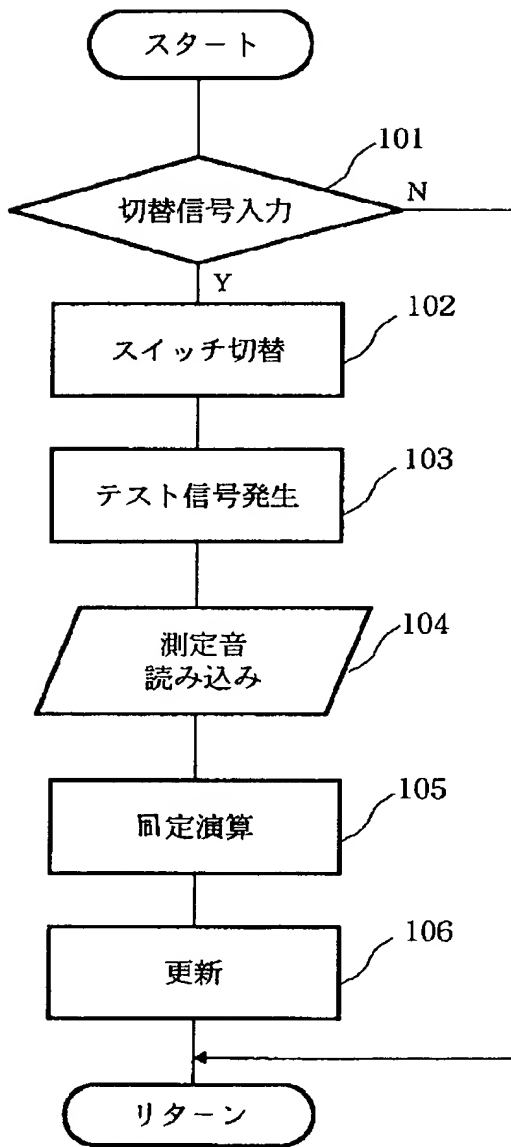
【図8】



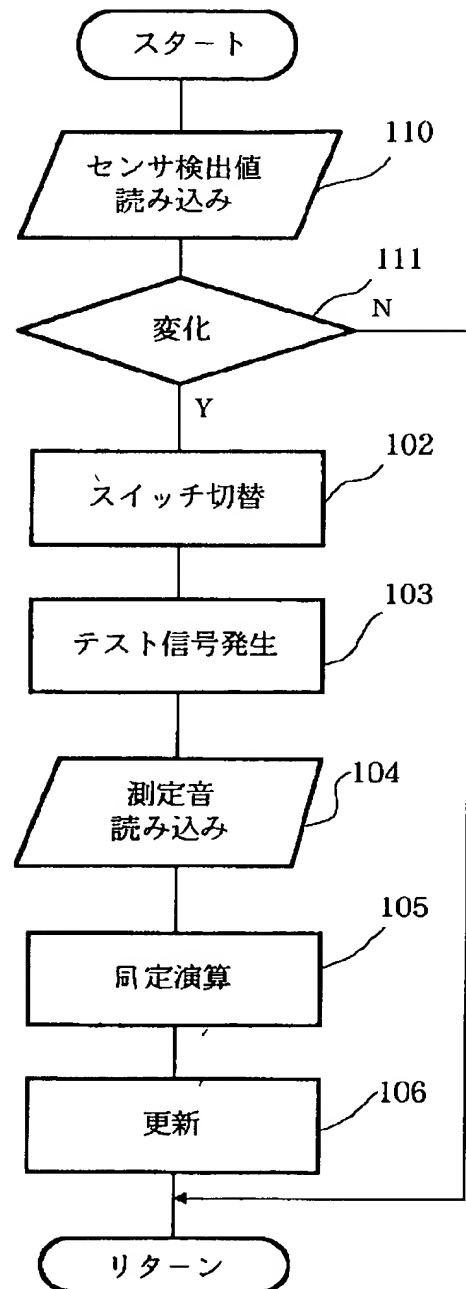
【図9】



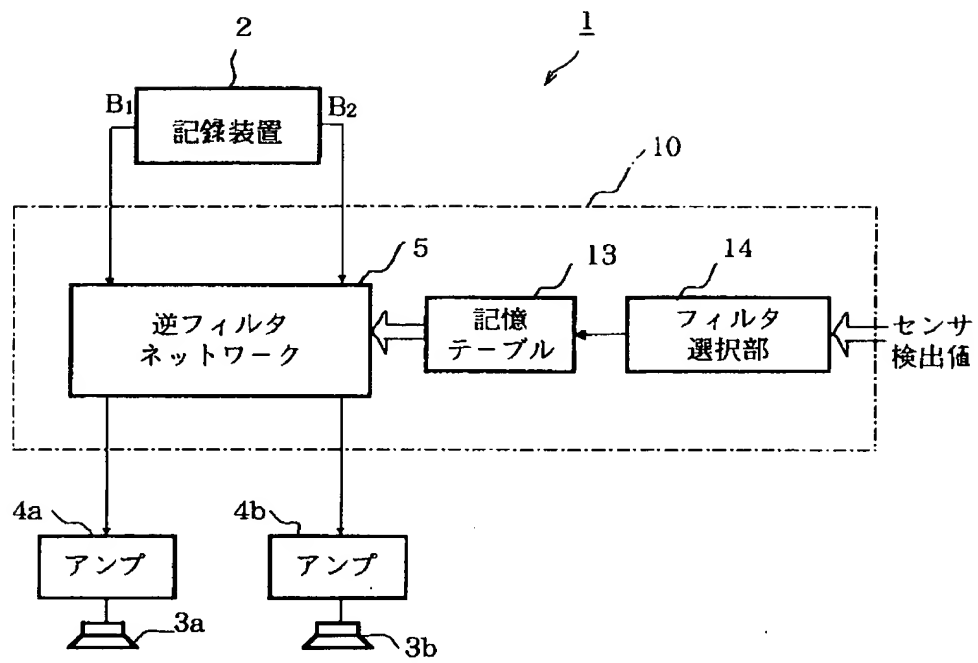
【図10】



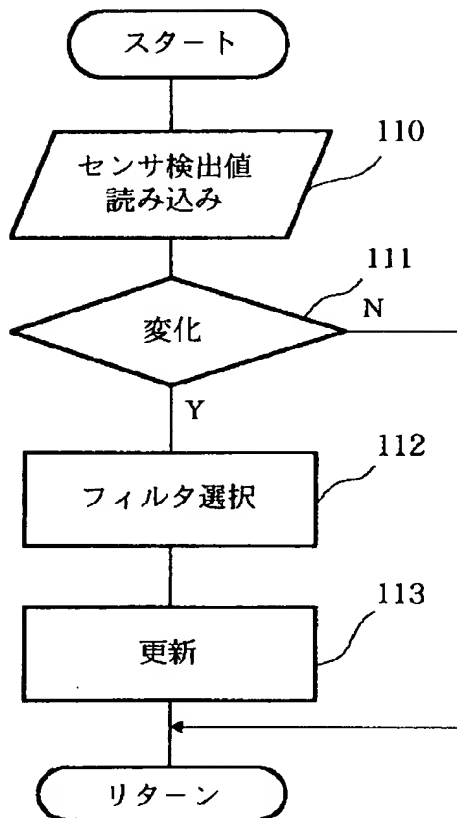
【図11】



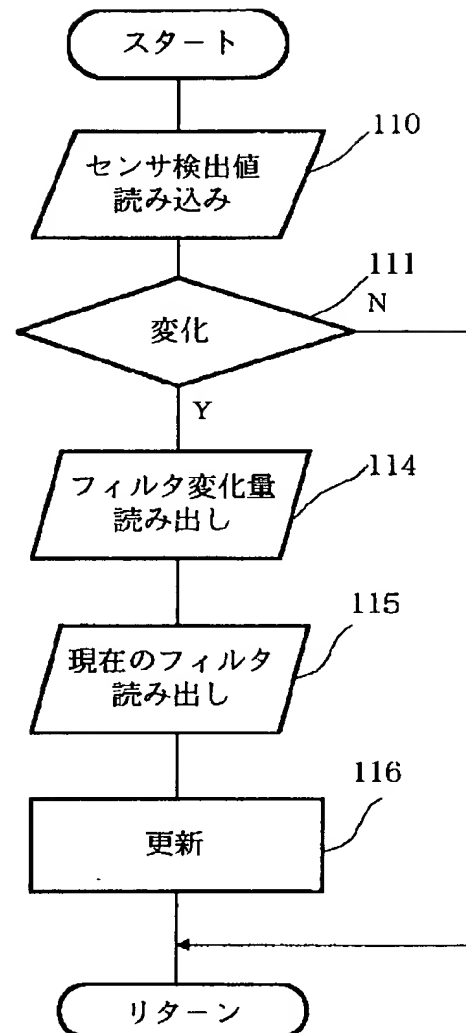
【図 1 2】



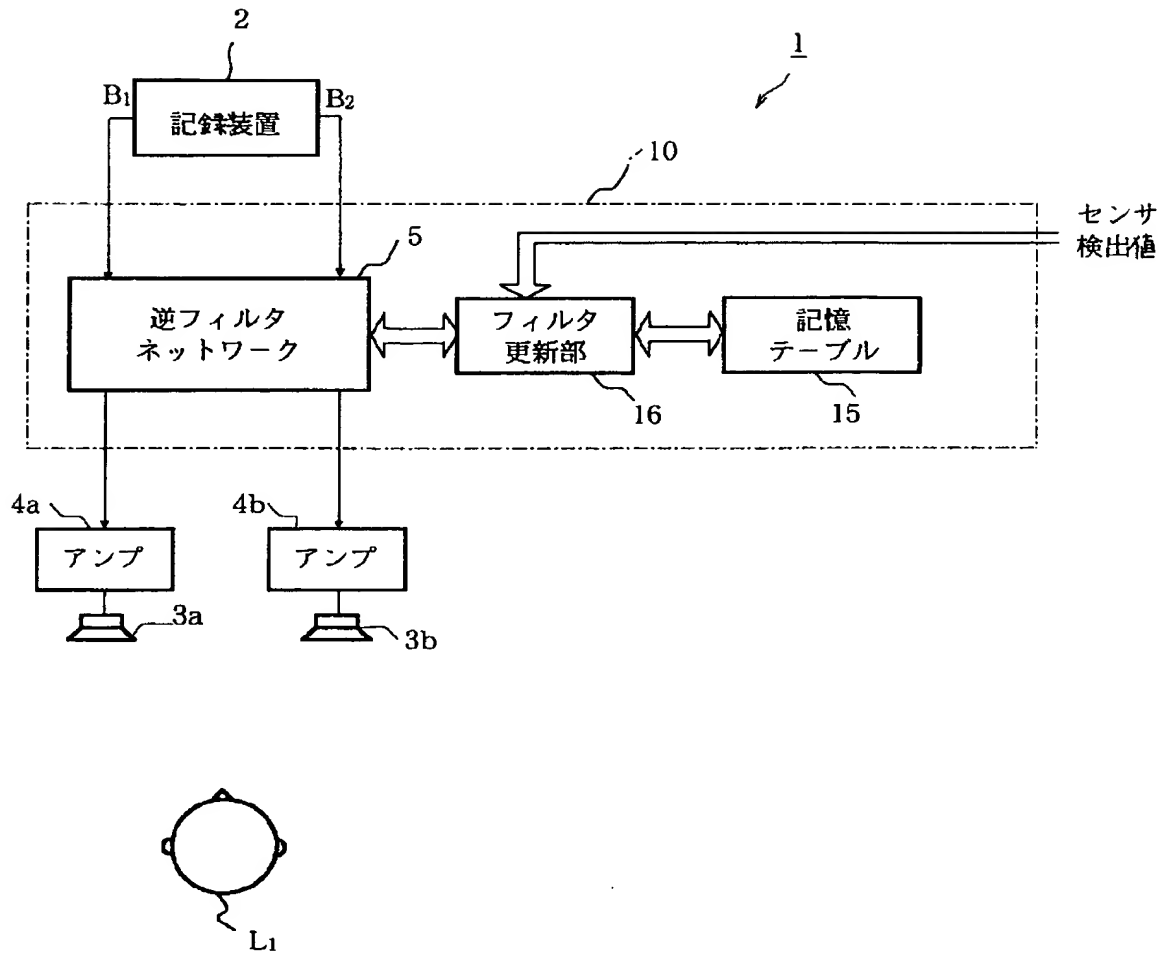
【図13】



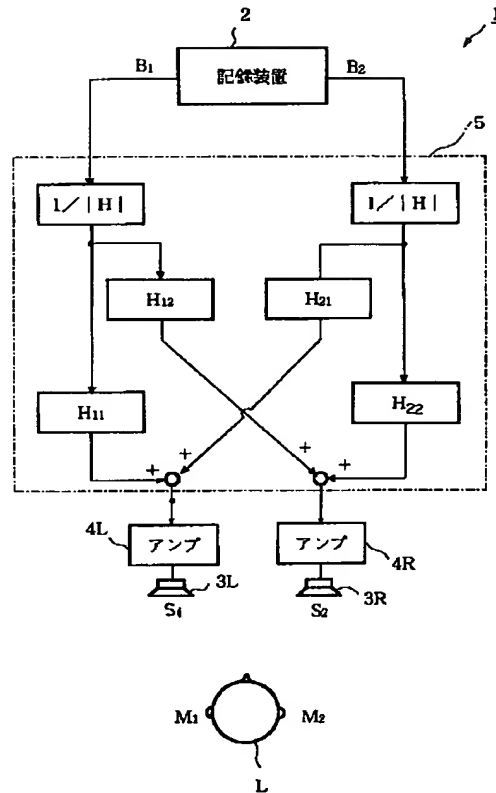
【図15】



【図14】



【図16】



【手続補正書】

【提出日】平成5年1月25日

【補正内容】

【手続補正1】

【0039】

【補正対象書類名】明細書

【数11】

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

$$|H| = h_{11} \begin{vmatrix} h_{22} & h_{23} & h_{24} \\ h_{32} & h_{33} & h_{34} \\ h_{42} & h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{23} & h_{24} \\ h_{31} & h_{33} & h_{34} \\ h_{41} & h_{43} & h_{44} \end{vmatrix}$$

$$+ h_{13} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{22} & h_{24} \\ h_{31} & h_{32} & h_{34} \\ h_{41} & h_{42} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{14} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \\ h_{41} & h_{42} & h_{43} \end{vmatrix}$$

【手続補正2】

【補正内容】

【補正対象書類名】明細書

【0040】

【補正対象項目名】0040

【数12】

【補正方法】変更

$$\begin{aligned}
H_{11} &= + \left\{ h_{22} \begin{vmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{23} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{vmatrix} + h_{24} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{33} \\ h_{42} & h_{43} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{12} &= - \left\{ h_{21} \begin{vmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{23} \begin{vmatrix} h_{31} & h_{34} \\ h_{41} & h_{44} \end{vmatrix} + h_{24} \begin{vmatrix} h_{31} & h_{33} \\ h_{41} & h_{43} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{13} &= + \left\{ h_{21} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{22} \begin{vmatrix} h_{31} & h_{34} \\ h_{41} & h_{44} \end{vmatrix} + h_{24} \begin{vmatrix} h_{31} & h_{32} \\ h_{41} & h_{42} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{14} &= - \left\{ h_{21} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{33} \\ h_{42} & h_{43} \end{vmatrix} - h_{22} \begin{vmatrix} h_{31} & h_{33} \\ h_{41} & h_{43} \end{vmatrix} + h_{23} \begin{vmatrix} h_{31} & h_{32} \\ h_{41} & h_{42} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{21} &= - \left\{ h_{12} \begin{vmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{13} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{vmatrix} + h_{14} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{33} \\ h_{42} & h_{43} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{22} &= + \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{13} \begin{vmatrix} h_{31} & h_{34} \\ h_{41} & h_{44} \end{vmatrix} + h_{14} \begin{vmatrix} h_{31} & h_{33} \\ h_{41} & h_{43} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{23} &= - \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{31} & h_{34} \\ h_{41} & h_{44} \end{vmatrix} + h_{14} \begin{vmatrix} h_{31} & h_{32} \\ h_{41} & h_{42} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{24} &= + \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{33} \\ h_{42} & h_{43} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{31} & h_{33} \\ h_{41} & h_{43} \end{vmatrix} + h_{13} \begin{vmatrix} h_{31} & h_{32} \\ h_{41} & h_{42} \end{vmatrix} \right\}
\end{aligned}$$

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正内容】

【0041】

【数13】

$$H_{31} = + \left\{ h_{12} \begin{vmatrix} h_{22} & h_{24} \\ h_{42} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{13} \begin{vmatrix} h_{22} & h_{24} \\ h_{42} & h_{44} \end{vmatrix} + h_{14} \begin{vmatrix} h_{22} & h_{23} \\ h_{42} & h_{43} \end{vmatrix} \right\}$$

$$H_{32} = - \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{23} & h_{24} \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{13} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{24} \\ h_{41} & h_{44} \end{vmatrix} + h_{14} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{23} \\ h_{41} & h_{43} \end{vmatrix} \right\}$$

$$H_{33} = + \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{22} & h_{24} \\ h_{42} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{24} \\ h_{41} & h_{44} \end{vmatrix} + h_{14} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{22} \\ h_{41} & h_{42} \end{vmatrix} \right\}$$

$$H_{34} = - \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{22} & h_{23} \\ h_{42} & h_{43} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{23} \\ h_{41} & h_{43} \end{vmatrix} + h_{13} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{22} \\ h_{41} & h_{42} \end{vmatrix} \right\}$$

$$H_{41} = - \left\{ h_{12} \begin{vmatrix} h_{23} & h_{24} \\ h_{33} & h_{34} \end{vmatrix} - h_{13} \begin{vmatrix} h_{22} & h_{24} \\ h_{32} & h_{34} \end{vmatrix} + h_{14} \begin{vmatrix} h_{22} & h_{23} \\ h_{32} & h_{33} \end{vmatrix} \right\}$$

$$H_{42} = + \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{23} & h_{24} \\ h_{33} & h_{34} \end{vmatrix} - h_{13} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{24} \\ h_{31} & h_{34} \end{vmatrix} + h_{14} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{23} \\ h_{31} & h_{33} \end{vmatrix} \right\}$$

$$H_{43} = - \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{22} & h_{24} \\ h_{32} & h_{34} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{24} \\ h_{31} & h_{34} \end{vmatrix} + h_{14} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{22} \\ h_{31} & h_{32} \end{vmatrix} \right\}$$

$$H_{44} = + \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{23} \\ h_{31} & h_{33} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{23} \\ h_{31} & h_{33} \end{vmatrix} + h_{13} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{22} \\ h_{31} & h_{32} \end{vmatrix} \right\}$$

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0049

【補正方法】変更

【補正内容】

【0049】

【数15】

$$|H|' = h_{11} \begin{vmatrix} h_{22} & h_{23} & 0 \\ h_{32} & h_{33} & h_{34} \\ h_{42} & h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{23} & 0 \\ 0 & h_{33} & h_{34} \\ 0 & h_{43} & h_{44} \end{vmatrix}$$

$$+ h_{13} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{22} & 0 \\ 0 & h_{32} & h_{34} \\ 0 & h_{42} & h_{44} \end{vmatrix}$$

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0050

【0050】

【補正方法】変更

【数16】

【補正内容】

$$H_{11}' = + \left\{ h_{22} \begin{vmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{23} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{vmatrix} \right\}$$

$$H_{12}' = - h_{21} \begin{vmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix}$$

$$H_{13}' = h_{21} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{vmatrix}$$

$$H_{14}' = - h_{21} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{33} \\ h_{42} & h_{43} \end{vmatrix}$$

$$H_{21}' = - \left\{ h_{12} \begin{vmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{13} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{vmatrix} \right\}$$

$$H_{22}' = h_{11} \begin{vmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix}$$

$$H_{23}' = h_{11} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{34} \\ h_{42} & h_{44} \end{vmatrix}$$

$$H_{24}' = h_{11} \begin{vmatrix} h_{32} & h_{33} \\ h_{42} & h_{43} \end{vmatrix}$$

【手続補正6】

【補正内容】

【補正対象書類名】明細書

【0051】

【補正対象項目名】0051

【数17】

【補正方法】変更

$$\begin{aligned}
H_{31}' &= + \left\{ h_{12} \begin{vmatrix} h_{23} & 0 \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{13} \begin{vmatrix} h_{22} & 0 \\ h_{42} & h_{44} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{32}' &= - \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{23} & 0 \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{13} \begin{vmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{44} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{33}' &= + \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{21} & 0 \\ h_{42} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{44} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{34}' &= - \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{22} & h_{23} \\ h_{42} & h_{43} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{23} \\ 0 & h_{43} \end{vmatrix} + h_{13} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{22} \\ 0 & h_{42} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{41}' &= - \left\{ h_{12} \begin{vmatrix} h_{23} & 0 \\ h_{33} & h_{34} \end{vmatrix} - h_{13} \begin{vmatrix} h_{22} & 0 \\ h_{32} & h_{34} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{42}' &= + \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{23} & 0 \\ h_{33} & h_{34} \end{vmatrix} - h_{13} \begin{vmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{34} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{43}' &= - \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{21} & 0 \\ h_{32} & h_{34} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{34} \end{vmatrix} \right\} \\
H_{44}' &= + \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{22} & h_{23} \\ h_{32} & h_{33} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{23} \\ 0 & h_{33} \end{vmatrix} + h_{13} \begin{vmatrix} h_{21} & h_{22} \\ 0 & h_{32} \end{vmatrix} \right\}
\end{aligned}$$

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正内容】

【0057】

【数19】

$$\begin{aligned}
|H|'' &= h_{11} \begin{vmatrix} h_{22} & 0 & 0 \\ 0 & h_{33} & h_{34} \\ 0 & h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & 0 & 0 \\ 0 & h_{33} & h_{34} \\ 0 & h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} \\
&= h_{11} h_{22} (h_{33} h_{44} - h_{34} h_{43}) - h_{12} h_{21} (h_{33} h_{44} - h_{34} h_{43}) \\
&= (h_{11} h_{22} - h_{12} h_{21}) (h_{33} h_{44} - h_{34} h_{43})
\end{aligned}$$

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0058

【補正方法】変更

【補正内容】

【0058】

【数20】

$$H_{11}'' = h_{22} \begin{vmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} = h_{22} (h_{33}h_{44} - h_{34}h_{43})$$

$$H_{12}'' = -h_{21} \begin{vmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} = -h_{21} (h_{33}h_{44} - h_{34}h_{43})$$

$$H_{21}'' = -h_{12} \begin{vmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} = -h_{12} (h_{33}h_{44} - h_{34}h_{43})$$

$$H_{22}'' = h_{11} \begin{vmatrix} h_{33} & h_{34} \\ h_{43} & h_{44} \end{vmatrix} = h_{11} (h_{33}h_{44} - h_{34}h_{43})$$

$$H_{33}'' = + \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{22} & 0 \\ 0 & h_{44} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{44} \end{vmatrix} \right\}$$

$$= h_{11}h_{22}h_{44} - h_{12}h_{21}h_{44}$$

$$H_{34}' = - \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{22} & 0 \\ 0 & h_{43} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{43} \end{vmatrix} \right\}$$

$$= -h_{11}h_{22}h_{43} + h_{12}h_{21}h_{43}$$

$$H_{43}' = - \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{22} & 0 \\ 0 & h_{34} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{34} \end{vmatrix} \right\}$$

$$= -h_{11}h_{22}h_{34} + h_{12}h_{21}h_{34}$$

$$H_{44}' = + \left\{ h_{11} \begin{vmatrix} h_{22} & 0 \\ 0 & h_{33} \end{vmatrix} - h_{12} \begin{vmatrix} h_{21} & 0 \\ 0 & h_{33} \end{vmatrix} \right\}$$

$$= h_{11}h_{22}h_{33} - h_{12}h_{21}h_{33}$$

フロントページの続き

(72)発明者 南部 起可

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.